

# SUBSTRATE PROCESSING APPARATUS AND SUBSTRATE PROCESSING METHOD

## 発明の背景

### 発明の技術分野

本発明は、基板処理装置及び基板処理方法に係り、特に半導体ウエハなどの基板の表面に付着する金属、レジスト材料やエッチング残渣等の有機物、パーティクルなどを除去するのに使用される基板処理装置及び基板処理方法に関する。

本発明はまた、基板処理装置に係り、特に半導体ウエハ、ガラス基板、液晶パネルなどの基板の表面及び／または裏面に所定のエッチング液（処理流体）を供給して湿式エッチングを行うのに使用される基板処理装置に関する。

### 関連技術の記載

半導体デバイスの製造プロセスにおいては、高度の清浄度が必要とされ、サブミクロン単位の汚れを除去する洗浄技術はますます重要となりつつある。特に、半導体デバイスの微細化及び高集積化が進むに従い、半導体デバイスに導入されつつある新たな材料や製造プロセスに対応した新たな洗浄技術の実現が望まれている。

半導体デバイスに導入されつつある新たな材料として、銅（Cu）、ルテニウム（Ru）、コバルト（Co）、白金（Pt）などの金属が挙げられる。このうち、銅はメタル汚染の原因となりやすいため、基板上に残留する余剰な銅を完全に除去することが必要とされる。銅は従来のRCA洗浄法では除去しにくく、一般にHF系の処理液を用いて除去されている。また、オゾン水（O<sub>3</sub>）を用いた洗浄法は、ほとんどの金属を除去することができるが、銅を完全に除去することは困難である。

近年では、半導体デバイスの更なる微細構造化に伴って、Low-k材を絶縁膜として使う傾向にある。このLow-k材の導入に伴い、Low-k材をエッチング処理した後のポリマーやエッチング残渣等の有機物の除去や、Low-k材に形成された微細なコンタクトホール（配線孔）の内部の洗浄を可能とする新たな洗浄技術が望まれている。微細なコンタクトホールの孔径は、極めて小さい

ため、従来から、コンタクトホール内部では洗浄不良が起りやすいという問題がある。これに加え、コンタクトホールの孔径の更なる微小化やLow-k材の持つ撥水性によりコンタクトホール内の洗浄は更に困難になりつつある。

また、 $O_2$ プラズマなどを用いるアッシング処理は、配線孔の形成後のLow-k材にダメージを与えてしまうため、これに代えて新しいウェット方式によるレジスト剥離処理が要求されている。さらに、上述した新たな材料の導入や半導体デバイスの微細化に伴って、半導体デバイスの製造プロセスそのものが変化しつつある。このため、製造プロセスの変化に対応した新たな洗浄技術の実現が要請されている。例えば、新たなレジスト材料の導入やエッチングプロセスの変化に従って、絶縁膜などの下地へのポリマーやレジスト残渣の付着強度は従来よりも高くなる可能性があり、従来の洗浄技術ではこれらを除去することが困難と考えられる。

さらに、前工程のゲート廻りの洗浄でも、デバイスの微細化と新材料の採用により、金属、有機物、パーティクルの除去性能と除去後の再付着防止については益々厳しくなることが予想される。

ここで、例えば、エッチング液を使用して半導体ウエハ等の基板をエッチング処理する湿式エッチングとしては、ポリシリコン、 $SiO_2$ 、 $SiN$ などのシリコン系膜のエッチング、無電解めっき前処理の銅酸化膜やタンタル酸化膜などのエッチング等があり、いずれも、基板面内のエッチング量の均一性については、 $1\sigma = 1\%$ 以下の厳しいエッチング性能が要求されている。

この種の湿式エッチングとしては、エッチング槽などに入れたエッチング液中に基板を浸漬させて処理する浸漬式エッチングや、空気中に置かれた基板に、スプレーノズル等から噴射されるエッチング液の噴流を当てて処理するスピン式エッチング等が一般に知られている。ここで、浸漬式エッチングにあつては、エッチング液中に基板を浸漬させた状態で、基板を回転させることで、エッチングの均一性、すなわちエッチング速度（エッチングレート）の均一性を高めることができ、またスピン式エッチングにあつては、基板を回転させつつ、該基板にエッチング液の噴流を当てることで、エッチングの均一性を高めることができることが知られている。

しかしながら、従来の浸漬式エッチングにあつては、エッチング槽などに入れて基板を浸漬させるエッチング液が経時的に劣化したり変質したりするため、エッチング槽内のエッチング液の液質を管理して常に一定に維持する必要があり、この液の維持管理がかなり困難かつ面倒であつた。

また、スピンドル式エッチングにあつては、エッチングの均一性を高めるため、基板を回転させながら該基板にエッチング液の噴流を当てると、エッチング液は基板上を遠心力により外方に移動し、基板の回転速度を更に上げていくと、空気抵抗の影響を受けてエッチング液の液膜表面が波状となり、特に周速が速くなる基板外周部でこの現象が顕著となつて、エッチングムラに繋がってしまう。すなわち、図19に示すように、基板Wを回転させつつ、基板Wの被処理面にエッチング液Qの噴流を当ててエッチング処理すると、エッチング液Qは、基板Wの回転に伴う遠心力を受けて基板Wの被処理面に沿って外方に移動し、基板Wの最外周部でその液膜の厚さが最小となる。また、エッチング液Qの液面は大気と接触しているため、空気との粘性抵抗により周速が速くなるほど波状となり、エッチング液Qの液膜厚さが薄いほど、波状の液面がエッチングムラ等の処理ムラとなつて表れる。このため、基板の回転速度を上げてエッチングの均一性を高めようとしても、一定の限界があるのが現状であつた。

なお、このことは、処理流体（処理液）を使用した浸漬式処理またはスピンドル式処理によって、半導体ウエハ等の基板にエッチング以外の他の処理を施す場合にあつても同様であつた。

### 発明の要旨

本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、半導体デバイスに導入される新たな材料や製造プロセスに対応した洗浄効果を奏することができ、しかも、半導体デバイスの微細化及び高集積化が進むに従つて今後ますます高まると予想される洗浄技術に対するニーズにも対応し得る多目的な基板処理装置及び基板処理方法を提供することを第1の目的とする。

本発明は、エッチング液等の処理流体の管理が比較的容易で、しかもエッチング等の処理の均一性をより高めることができるようにした基板処理装置を提供す

ることを第2の目的とする。

上述した目的を達成するために、本発明の基板処理装置は、基板を保持する基板ホルダと、前記基板ホルダで保持した基板と向き合うように配置され、少なくとも一方向に沿って交互に配置される複数のアノード及びカソードと、前記基板ホルダで保持した基板と前記アノード及び前記カソードとの間に処理液を供給する処理液供給部と、前記アノードと前記カソードとの間に電圧を印加する電源を備えたことを特徴とする。

この場合において、前記アノード及び前記カソードを前記基板ホルダで保持した基板に近接させる駆動機構と、前記基板ホルダで保持した基板を回転させる回転駆動機構とを更に有することが好ましい。

本発明によれば、いわゆるバイポーラ現象により基板の表面に形成された導電性物質（被処理物）に正の電位を与え、導電性物質を酸化させ電氣的に溶解させて除去することができる。

本発明の好ましい態様は、前記処理液は電解質を含むことを特徴とする。

処理液に電解質を含ませる主な目的は、処理液に良好な導電性を付与するためである。また、電解質として塩化水素（HCl）などの酸化力の強いハロゲン化合物を用いた場合、電離したハロゲンイオンを利用して被処理物の酸化を増進させて除去することができる。

本発明の好ましい態様は、前記アノードと前記カソードとの間に流す電流の波形を、交流波形、直流波形、直流逆電圧波形、パルス波形、PRパルス波形、ダブルパルス波形のうちの少なくとも1つに整流する整流器を更に有することを特徴とする。

本発明によれば、目的に応じた最適な電流をアノードとカソードとの間に流すことにより、導電性物質の酸化のみならず、基板上に存在する様々な被処理物を除去することができる。例えば、基板の表面に形成された金属を溶解させる場合には、バイポーラ現象を利用した直流波形が選択され、パーティクルを除去する場合には、バイポーラ現象ではなくイオン性の界面活性剤の電気移動度を利用するためパルス波形やPRパルス波形が選択される。また、基板表面を還元雰囲気にする必要があれば直流やパルスの逆電圧波形が選択され、処理液の浸透性を上

げるために水の分子構造を微細化させる場合には、マイクロ秒 ( $\mu$  s) オーダーの細かい波長を有するパルス波形が選択される。

本発明の好ましい態様は、前記複数のアノードを同一平面上において縦方向及び横方向に沿って等間隔に配置し、前記複数のカソードを、斜め方向において互いに隣り合う2つのアノードの略中央部に配置したことを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記複数のカソードを同一平面上において縦方向及び横方向に沿って等間隔に配置し、前記複数のアノードを、斜め方向において互いに隣り合う2つのカソードの略中央部に配置したことを特徴とする。

本発明によれば、基板の全体に亘って均一な処理が可能となる。

本発明の好ましい態様は、前記アノードと前記カソードのうちの少なくとも一方は、導電性ダイヤモンドまたは二酸化鉛からなることを特徴とする。

通常、基板処理装置では不溶解電極として白金 (Pt) が使用される場合が多い。しかし、白金の触媒反応では $O_2$ は発生するが $O_3$ は発生しない。白金の代わりに導電性ダイヤモンドを使用すれば、酸素過電圧 (陽極から $O_2$ が発生し始めるときの電圧) を上げることができ、 $O_3$ の発生が可能となる。二酸化鉛も陽極に限定して使うならば $O_3$ の発生が可能な酸素過電圧が得られる。したがって、本発明によれば、処理液中に溶媒として存在する水が電気分解するときに不溶解性のアノードから $O_2$ のみならず $O_3$ を発生させることができる。そして、 $O_3$ の持つ強い酸化力を利用してポリマーなどのエッチング残渣やレジスト材料などを分解し除去することができる。

本発明の好ましい態様は、前記基板ホルダで保持した基板と前記アノードとの距離は、前記基板ホルダで保持した基板と前記カソードとの距離と異なることを特徴とする。

本発明によれば、基板に近い方の電極部から発生するガスが持つ酸化力あるいは還元力を基板の表面付近に存在する処理液に与えることができ、被処理物の除去作用を向上させることができる。また、周期的に極性が反転する電圧を電極部に印加する場合、基板表面での電位の変動を大きくすることができる。その結果、静電吸着しているパーティクルなどの被処理物の除去を促進させることができ、更には、溶媒として存在する水の分子構造を微小化させて、微小なコンタク

トホール内への処理液の浸入性を良くして洗浄を良好に行うことができる。

従来、一般に使用されてきたオゾン水製造装置は、洗浄装置本体とは独立して単独に設置されるため、洗浄装置内の基板の位置までオゾン水を移動させると、配管中を移動させる途中でオゾンが分解して均一なオゾン濃度が得られないことがあった。

また電解イオン水製造装置についても、一般に単独で設置されるため、電解によって得られた反応性のイオンや、電気移動性の高い解離イオン、微小分子構造になった溶媒の改質状態が基板上まで維持できないことがあった。

本発明では、これらの電解反応やオゾンの発生を基板のごく近傍で行うことで、電解によって得られる諸現象やオゾンを効果的に働かせることができ、さらにオゾンだけでは遅かったオゾンの酸化反応速度を、電氣的補助エネルギーを付与することでより速くすることができる。

本発明の好ましい態様は、前記処理液供給部の供給口を前記アノードまたは前記カソードの一方に設け、前記供給口から供給された処理液を吸入する吸入口を前記アノードまたは前記カソードの他方に設けたことを特徴とする。

本発明の基板処理方法は、複数のアノード及びカソードを基板に近接させ、基板と前記アノード及び前記カソードとの間に処理液を供給し、前記アノードと前記カソードとの間に電圧を印加することを特徴とする。

本発明の他の基板処理装置は、基板を保持する基板ホルダと、前記基板ホルダで保持した基板と向き合うように配置された処理ヘッドと、前記基板ホルダで保持した基板と前記処理ヘッドとの間に処理液を供給する処理液供給部とを備え、前記処理ヘッドの基板に向き合う面には、複数のアノード及びカソードと、処理液に向けて超音波を照射する超音波振動子とが配置されていることを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記処理ヘッドを前記基板に対して相対移動させる相対移動機構を更に有することを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記相対移動機構は前記処理ヘッドを回転させることを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記アノードと前記カソードとの間にパルス電圧を印加するパルス電源を更に有することを特徴とする。

本発明によれば、いわゆるバイポーラ現象により基板の表面に存在する導電性物質（被処理物）に正の電位を与え、導電性物質を酸化させ電氣的に溶解させて除去することができる。さらに、本発明は、基板表面に導電性物質が存在しなくとも、処理時にアノードから発生する酸素ガスやオゾンガスからなる気泡に超音波を照射することにより、非導電性のパーティクルや有機系付着物などを効率よく洗浄することができる。以下に本発明の原理を説明する。

アノードとカソードとの間に電圧を印加すると、アノードからは酸素ガスやオゾンガスが発生し、処理液中に気泡として滞留する。このような気泡は、アノードとカソードとの間にパルス電圧を印加することにより、または、処理液中に界面活性剤を混入することにより、微小化させることができる。

直径が $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下、特に $1\sim10\text{ }\mu\text{m}$ の気泡は、以下に示すような特性を示す。

- (1) 気泡同士の合体が起こらず、それぞれ独立した気泡のままで液体中に長時間留まり、消滅しにくい。
- (2) 気泡の浮上速度が極めて遅いため、水平方向への拡散性に優れ、液体中に気泡が均一に分布しやすい。
- (3) 液体中に長時間留まることに加え、単位体積当たりの液体に含まれる気泡の数（気泡含有率）が多くなり、単位体積当たりの液体に含まれる気泡の表面積が大きくなる。気泡がより微小化すれば、気泡含有率はさらに高まる。
- (4) 気泡は帯電しているため、液体中の浮遊物に対して吸着性を持つ。
- (5) 気泡の表面張力次第では、気泡の表面で超音波を反射させる。

このような特性を有する微小な気泡（以下、マイクロバブルという）を基板の洗浄処理に有効に利用するために、本発明では、処理液中のマイクロバブルに超音波を断続的に照射する。マイクロバブルに超音波を照射することによって、次のような効果が得られる。

- (i) 超音波をマイクロバブルに照射すると、マイクロバブルが破壊され、処理液中にマイクロジェット流が発生する。このマイクロジェット流が持つエネルギーを利用して、基板に付着したパーティクルなどを除去することができる。また、マイクロバブルが破壊されると、マイクロバブルを形成するガスが処理液中に高

濃度で溶解し、これにより、ガスが持つ化学的な性質を利用して、基板に付着した金属や有機物などを除去することができる。

(ii) マイクロバブルの表面張力が強い場合は、バブルが破壊されず超音波によりマイクロバブルが攪拌される。したがって、マイクロバブルを処理液中に広く拡散させることができ、マイクロバブルの表面にパーティクルなどを吸着させることができる。

(iii) マイクロバブルの表面で超音波が乱反射されることで、基板の表面に形成されたコンタクトホールなどの微細加工部にも超音波を照射することが可能となり、微細加工部に付着したパーティクルなどを除去することが可能となる。

(iv) 超音波照射によるキャビテーション現象で生じるキャビテーション型マイクロバブルは、その破壊時の衝撃でデバイスにダメージを与えやすいが、本発明は、超音波エネルギーによりマイクロバブルを発生させるものではないため、超音波周波数をデバイスダメージのない領域に設定することが可能である。

本発明の更に他の基板処理装置は、処理液を基板上に供給する処理液供給部と、マイクロバブルを処理液中に生成するマイクロバブル生成器と、マイクロバブルを含んだ処理液に超音波を照射する超音波振動子とを備えたことを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記マイクロバブルは $20\mu\text{m}$ 以下の直径で、かつ、大気圧以上の内圧を有することを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記マイクロバブル生成器は、二流体ノズル、気体分散器、気液攪拌器、電解気体発生器のいずれかであることを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、基板を保持する基板ホルダと、前記基板ホルダを回転させる回転機構とを更に有し、前記超音波振動子は、前記基板ホルダに保持された基板に向き合うように配置されていることを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記超音波振動子は処理液導入口を有し、処理液は前記処理液導入口を介して前記基板ホルダに保持された基板と前記超音波振動子との間に供給されることを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記超音波振動子から照射される超音波の周波数は、 $5\sim 100\text{MHz}$ であることを特徴とする。

本発明に係る基板処理装置では、超音波照射によって起こるキャビテーション



を利用してマイクロバブルを生成するのではなく、マイクロバブル生成器により生成されたマイクロバブルに超音波を照射する。このような構成を有する本発明によれば、マイクロバブルを含んだ処理液に超音波を照射することにより、本来マイクロバブルが有する洗浄効果を更に高めることができる。また、マイクロバブルと超音波照射との相乗効果によって、パーティクル、金属、有機物などの種々の被処理物を高効率で基板上から除去することができる。

本発明の更に他の基板処理装置は、基板を保持し回転させる基板ホルダと、前記基板ホルダで保持した基板の表面または裏面の一方に、所定間隔離間して対向して配置される回転自在な回転板と、前記基板ホルダで保持した基板と前記回転板との間に第1処理流体を供給する第1流体供給部を有することを特徴とする。

このように、基板ホルダで保持して回転させた基板に向けて、第1流体供給部からエッチング液等の第1処理流体を供給することで、原則的にスピン式を採用した処理を行い、しかも、基板ホルダで保持した基板と回転板との間に第1流体供給部から供給された処理流体を保持し該処理流体が空気と触れることを極力阻止することで、基板の回転速度を上昇させても、基板外周部に処理ムラが生じることを防止し、更に、本来の浸漬式で得られる基板の回転効果をスピン式でも発揮させて、基板のエッチング等の処理の均一性をより高めることができる。

前記基板ホルダと前記回転板は、好ましくは互いに逆方向に回転するように構成されている。

これにより、基板ホルダで保持した基板と回転板との相対移動速度を速め、基板の被処理面の拡散形成層をより均一にすることができる。なお、基板の回転速度を遅く、回転板の回転速度を速くする方が、基板の損傷を防止する上で好ましい。

前記第1処理流体は、例えばエッチング液である。

本発明の好ましい態様は、前記基板ホルダで保持した基板の表面または裏面の他方に、所定間隔離間して対向して配置される対向板と、前記基板ホルダで保持した基板と前記対向板との間に第2処理流体を供給する第2流体供給部を更に有することを特徴とする。

これにより、基板ホルダで保持した基板の表裏両面を、第1処理流体と第2処

理流体で同時に処理したり、第2処理流体を介して、第1処理流体が基板の端部から回り込んで反被処理面側に達してしまうことを防止したりすることができる。

前記第2処理流体は、例えば気体である。

第2処理流体として、例えばドライエアを使用することで、第1処理流体が基板の端部から回り込んで反被処理面側に達してしまうことを防止することができる。

前記対向板は、回転自在に構成されていることが好ましい。

これにより、基板ホルダで保持した基板の表裏両面を、エッチング等の処理の均一性を高めながら、同時に処理することができる。

前記対向板は、前記基板ホルダと逆方向に回転するように構成されていることが更に好ましい。

これにより、基板ホルダで保持した基板と対向板との相対移動速度を速めることができる。

前記第2処理流体は、エッチング液であってもよい。

#### 図面の簡単な説明

図1は、本発明の実施の形態に係る基板処理装置の全体構成を示す断面図である。

図2は、図1に示す基板処理装置の概略平面図である。

図3は、図1に示す処理ヘッドの断面図である。

図4は、図3に示す処理ヘッドを矢印Bが示す方向からみた時の図である。

図5Aは、図3に示すアノード及びカソードの拡大断面図を示し、図5Bは、アノード及びカソードの他の構成例を示す拡大断面図である。

図6Aは、PRパルス波形を示す図である。図6Bは、図6Aに示す区間aでのアノード及びカソードの作用を示す断面図であり、図6Cは、図6Aに示す区間bでのアノード及びカソードの作用を示す断面図である。

図7は、本発明の実施の形態に係る基板処理装置によって電解処理が進行する様子を説明するための拡大断面図である。

図8は、アノードとカソードとを反転させたときの処理ヘッドを示す断面図で

ある。

図 9 は、本発明に係る基板処理装置を備えた基板処理システムの構成を示す平面図である。

図 10 は、本発明の他の実施の形態に係る基板処理装置の全体構成を示す断面図である。

図 11 は、図 10 に示す処理ヘッドの下面を示す図である。

図 12 は、図 11 の IV-IV 線断面図である。

図 13 は、本発明の更に他の実施の形態に係る基板処理装置の全体構成を示す断面図である。

図 14 は、本発明の更に他の実施の形態のエッチング装置に適用した基板処理装置を示す概要図である。

図 15 A は、図 14 の要部を拡大して示す要部拡大図で、図 15 B は、その変形例を示す図である。

図 16 は、本発明の更に他の実施の形態のエッチング装置に適用した基板処理装置の要部を示す概要図である。

図 17 は、本発明の更に他の実施の形態のエッチング装置に適用した基板処理装置を示す概要図である。

図 18 は、本発明の実施の形態のエッチング装置（基板処理装置）を備えた基板処理システムの構成を示す平面図である。

図 19 は、従来のスピンスエッチングが有する問題の説明に付する図である。

#### 好ましい実施例の詳細な説明

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

図 1 は、本発明の実施の形態に係る基板処理装置の全体構成を示す断面図である。図 2 は、図 1 に示す基板処理装置の概略平面図である。

図 1 に示すように、基板処理装置は、半導体ウエハ等の基板 W を保持する基板ホルダ 3 と、この基板ホルダ 3 の下部に連結された主軸 4 と、基板ホルダ 3 の下方に配置された容器 5 とを備えている。主軸 4 は、図示しない軸受によって回転自在に支持されており、基板ホルダ 3 と主軸 4 とは一体的に回転する。

基板ホルダ 3 は、円形の基板ステージ 6 と、この基板ステージ 6 の上面に設けられた複数の支持ピン 7 とを備えている。支持ピン 7 は、基板 W の外周方向に沿って等間隔に配置されており、これらの支持ピン 7 によって基板 W の周縁部が支持される。なお、支持ピン 7 に代えて、真空チャック又は静電チャックなどの保持機構を用いて基板を保持させることも可能である。主軸 4 の下端には、自転用モータ 8 が連結されており、この自転用モータ 8 により、主軸 4 を介して基板ホルダ 3 に保持された基板 W が回転する。

この実施の形態に係る基板処理装置は、上下動可能、かつ、水平面上を往復動可能なアーム 1 1 と、このアーム 1 1 の端部に固定された処理ヘッド 1 2 を備えている。アーム 1 1 の軸部 1 1 a には、動力伝達機構 1 3 を介して往復動用モータ 1 4 が連結されており、この往復動用モータ 1 4 により、処理ヘッド 1 2 が図 2 に示す矢印 A 方向に沿って揺動する。また、アーム 1 1 の軸部 1 1 a の下端部にはエアシリンダ 1 6 が連結されている。エアシリンダ 1 6 は図示しない圧縮空気源に接続されており、圧縮空気源から供給される圧縮空気によってエアシリンダ 1 6 が駆動される。したがって、エアシリンダ 1 6 によって、軸部 1 1 a 及びアーム 1 1 を介して処理ヘッド 1 2 が上下動する。処理ヘッド 1 2 は、基板ホルダ 3 に保持された基板 W の表面と処理ヘッド 1 2 の下面との距離が約 1 mm となる位置まで下降できるようになっている。

次に、上述した処理ヘッド 1 2 の構成について図 3 及び図 4 を参照して詳細に説明する。図 3 は、図 1 に示す処理ヘッド 1 2 の断面図であり、図 4 は、図 3 に示す処理ヘッド 1 2 を矢印 B が示す方向からみた時の図である。

図 3 及び図 4 に示すように、処理ヘッド 1 2 は、複数のアノード 2 1 及び複数のカソード 2 2 を備えている。これらのアノード 2 1 及びカソード 2 2 は、処理ヘッド 1 2 の下面に設けられており、いずれも所定のパターンに従って規則的に配置されている。

図 4 に示すように、カソード 2 2 は、処理ヘッド 1 2 の下面のほぼ全体に亘って配置され、縦方向及び横方向に沿って等間隔に配置されている。アノード 2 1 は、斜め方向において互いに隣り合うカソード 2 2 間の中央部にそれぞれ配置されている。このように、処理ヘッド 1 2 の下面には、アノード 2 1 及びカソード

２２がそれぞれ市松模様状に配置されている。

図３及び図４に示すように、カソード２２は、処理ヘッド１２の下方に突出する断面矩形状の突出部１２ａの内部に設けられ、これらの突出部１２ａの間に形成される矩形状に延びる溝１２ｂにアノード２１が設けられている。このような構成により、アノード２１とカソード２２との間には、例えば、 $\alpha$  mmの段差Ｄが設けられている。したがって、基板ホルダ３に保持された基板Ｗの上面とカソード２２との距離 $S_1$ が約１ mmであるとき、アノード２１と基板Ｗの上面との距離 $S_2$ は、約 $(1 + \alpha)$  mmとなる。

カソード２２には、その中央部を貫通する供給口２５が設けられている。これらの供給口２５は、いずれも配管２６を通じて処理液供給源２７に接続されている。処理液供給源２７には処理液２が貯留されており、この処理液２は、配管２６を介して供給口２５から基板Ｗの上面に供給される。アノード２１の中央部には、配管２８を通じて吸入源（図示せず）に接続された吸入口２９が設けられている。基板Ｗの上面に供給された処理液２は、吸入源によって吸入口２９から吸入され、系外に排出される。なお、供給口２５をカソード２２の外周部に設けてもよく、また、吸入口２９をアノード２１の外周部に設けてもよい。図３に示すように、基板Ｗの上面に供給された処理液２は、その表面張力の作用によって基板Ｗ上に留まるが、その一部は基板Ｗから流出する。この場合、基板Ｗから流出した処理液２は、基板ホルダ３の下方に設けられた容器５によって回収される。

次に、図５Ａ及び図５Ｂを参照して処理液２の流れを説明する。

図５Ａは、図３に示すアノード２１及びカソード２２の拡大断面図を示し、図５Ｂは、アノード２１及びカソード２２の他の構成例を示す拡大断面図である。図５Ｂに示す構成例では、供給口２５はカソード２２の外周部に設けられており、吸入口２９はアノード２１の外周部に設けられている。なお、図５Ａ及び図５Ｂに示す矢印は処理液２の流れを表している。

図５Ａ及び図５Ｂに示すように、処理液２はカソード２２に設けられた供給口２５から基板Ｗの上面に供給され、基板Ｗの上面を流れた後にアノード２１に設けられた吸入口２９から吸入される。このように、供給口２５及び吸入口２９を電極部の中央部又は外周部のいずれに設けた場合でも、処理液２は、ほぼ同様の

流れを伴って供給口 2 5 から基板 W の上面を経由して吸入口 2 9 に流れる。

基板処理装置に使用される処理液は、水（超純水）やアルコールなどの溶媒と、 $\text{HCl}$  や  $\text{NH}_3\text{OH}$  などの電解質と、イオン性の界面活性剤などの添加剤とから基本的に構成されている。処理液に電解質を加える目的は、主として処理液に導電性を付与するためである。さらに、処理液に電解質を加えることによって  $\text{pH}$  を調整することができ、被処理物の除去作用を促進させる効果が期待できる。すなわち、 $\text{pH}$  を下げていけば酸化還元電位が上がって強い酸化力を得ることができる。一方、 $\text{pH}$  を上げて処理液をアルカリ性にすればパーティクルを吸着する要因であるゼータ電位を下げることができ、パーティクルを効果的に除去することができる。また、 $\text{HCl}$  などの酸化力の強いハロゲン化物を電解質として用いた場合、ハロゲン化物の一部は処理液中で電離してハロゲンイオンとなり、このハロゲンイオンが除去すべき被処理物と反応して被処理物を酸化させることができる。

アノード 2 1 は、配線 3 1 を介して電源 3 2 の陽極に電氣的に接続され、カソード 2 2 は、配線 3 3 を介して電源 3 2 の陰極に電氣的に接続される。アノード 2 1 及びカソード 2 2 を構成する材料としては、導電性ダイヤモンドが好適に使用される。なお、導電性ダイヤモンドに代えて、二酸化鉛 ( $\text{PbO}_2$ ) や白金 ( $\text{Pt}$ ) などを用いてもよい。ここで、二酸化鉛を除けば、電源 3 2 の陽極と陰極とを反転させることにより、アノードをカソードに、カソードをアノードにすることができる。

電源 3 2 は、電流の波形を所定の波形に整流する整流器 3 4 を備えている。この整流器 3 4 は、電源 3 2 から出力される電流の波形を、交流波形、直流波形、直流逆電圧波形（極性を反転させた直流波形）、パルス波形、PR パルス波形、ダブルパルス波形のいずれかに整流することができる。また、整流器 3 4 は、上述した各電流波形の周波数及び波長を変えることができる。なお、上述したパルス波形は、サイン波形、三角波形、方形、矩形に限定されず、これらの波形の中から 2 つ以上の波形を組み合わせたものでもよい。

図 6 A は、PR パルス波形を示す図である。図 6 B は、図 6 A に示す区間 a のアノード及びカソードの作用を示す断面図であり、図 6 C は、図 6 A に示す区

間bでのアノード及びカソードの作用を示す断面図である。なお、図6Aにおいて、横軸は時間（t）を表し、縦軸は電流の大きさ（A）を表す。

図6Aに示すように、PRパルス波形を持つ電流においては、電流の流れる方向が周期的に変化する。このため、図6Bに示すように、区間aではカソード22が陽極となり、アノード21が陰極となる。また、区間bでは、図6Cに示すように、カソード22はそのまま陰極として機能し、アノード21もそのまま陽極として機能する。

電流波形、周波数、及び波長は、被処理物に応じて適宜選択される。例えば、基板Wの表面に形成された金属を溶解させる場合には直流波形が選択され、金属の表面に付着するレジスト材料を除去する場合には直流逆電圧波形が選択される。また、パーティクルを除去する場合にはパルス波形やPRパルス波形が選択され、処理液中の水の分子構造を微細化させる場合には、マイクロ秒（ $\mu$ s）オーダーの細かい波長を有するパルス波形が選択される。このように、この実施の形態に係る基板処理装置は、目的に応じた最適な電流をアノード21とカソード22との間に流すことができ、基板W上に存在する様々な被処理物を除去することができる。

次に、上述のように構成された基板処理装置の動作について説明する。この例においては、除去すべき被処理物は、基板Wの表面に形成された銅（Cu）である。

まず、銅が形成されている表面（被処理面）が上を向くように基板Wを基板ホルダ3に保持させる。往復動用モータ14を駆動して、処理ヘッド12を基板Wの上方に移動させた後、エアシリンダ16を作動して処理ヘッド12を下降させ、処理ヘッド12の下面と基板ホルダ3に保持されている基板Wの上面との距離 $S_1$ が約1mmとなる位置で停止させる。この状態で、自転用モータ8を駆動して基板Wを回転させ、同時に往復動用モータ14を駆動して処理ヘッド12を揺動させる。

処理液供給源27に貯留されている処理液2は、供給口25から基板Wの上面に供給され、同時に、吸入口29から基板W上の処理液2が吸入される。そして、電源32によりアノード21とカソード22との間に所定の電圧を印加し、電解

処理（電解エッチング）が進行する。なお、電源 3 2 から出力される電流の波形は、被処理物に応じて選択され、この例では直流波形が選択されている。

図 7 は、この実施の形態に係る基板処理装置によって、バルク金属または汚染金属である銅を基板上から除去する電解処理が進行する様子を説明するための拡大断面図である。図 7 に示すように、電解質を含む処理液 2 の存在下でアノード 2 1 とカソード 2 2 との間に電圧を印加すると、アノード 2 1 に近接した銅 5 0 の部位は負の電位となり、カソード 2 2 に近接した銅 5 0 の部位は正の電位となる。この現象はバイポーラ現象と呼ばれている。正の電位が与えられた銅 5 0 の部位で銅の酸化反応が起こり（ $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$ ）、負の電位が与えられた銅 5 0 の部位で  $\text{H}_2$  が発生する。銅 5 0 の内部では電位差が生じて電子（ $\text{e}^-$ ）が移動する。このようにして、正に帯電した銅 5 0 の部位で電解処理（電解エッチング）が進行し、処理すべき銅 5 0 が溶解する。

基板 W の上面に供給された処理液 2 は、基板 W の上面を経由した後、それぞれの吸入口 2 9 から吸入され、連続的に系外に排出される。処理液 2 の一部は基板 W の表面からこぼれ落ちるが、基板ホルダ 3 の下方に設けられた容器 5 によって回収される。なお、この実施の形態では、電解処理中に往復動用モータ 1 4 を駆動させて処理ヘッド 1 2 を揺動させているが、揺動運動に代えてスクロール運動をさせるようにしてもよい。

金属を溶解させることを目的とした電解処理では、電源 3 2 から出力される電流波形は直流波形に設定され、電源 3 2 の出力電圧は 1 0 ～ 1 0 0 V に設定される。また、アノード 2 1 とカソード 2 2 との間の電気抵抗率は、5 ～ 5 0  $\Omega \cdot \text{cm}$  であることが好ましい。

次に、この実施の形態に係る基板処理装置を用いて基板 W の表面に付着したポリマーやレジストなどの有機物を除去する場合について、図 8 を参照して説明する。図 8 に示すように、この実施の形態に係る基板処理装置を用いてポリマーやレジスト材料などの有機物を除去する場合、基板表面は高い酸化力と速やかな反応促進エネルギーが必要となる。この場合は、基板 W に近い電極がアノード 2 1 となり、基板 W から遠い電極がカソード 2 2 となる。

アノード 2 1 を構成する材料としては、導電性ダイヤモンドが好適に使用され



る。その理由は次の通りである。アノード21から $O_2$ が発生し始めるときの電圧（以下、酸素過電圧という）は、アノード21を構成する材料の触媒活性の程度に依存する。この酸素過電圧は、白金（Pt）＜二酸化鉛（ $PbO_2$ ）＜ダイヤモンドの順に高くなる。したがって、アノード21の材料として導電性ダイヤモンドを採用することにより、アノード21での $O_2$ の発生が抑制されて $O_3$ の発生比率が上昇する。

一般に、基板Wに付着したポリマーやレジスト材料を除去するために、オゾン水（ $O_3$ ）が使用されることがある。従来のスタンドアローン型のオゾン水製造装置では、オゾン水が基板Wに導かれる間に $O_3$ の濃度が低下してしまい、望ましい酸化力が得られないという問題がある。

この実施の形態では、導電性ダイヤモンドをアノード21の材料に使用することにより、基板Wのごく近傍で $O_3$ を発生させることができ、発生した $O_3$ が持つ酸化力をポリマーやレジスト材料などの有機物の除去に有効に利用することが可能となる。また、アノード21で発生する $O$ 、 $O_2^-$ 、 $O_3^-$ などの活性酸素種が持つ酸化力を利用することもできる。 $O_3$ の反応速度を高めるため、パルス波形などの電気エネルギーや電解質の力を利用することでアプリケーション範囲はさらに広がる。

上述したように、アノード21とカソード22との間には、例えば $\alpha$  mmの段差Dが設けられているため、アノード21と基板Wとの距離 $S_1$ （約1 mm）は、カソード22と基板Wとの距離 $S_2$ （約（1 +  $\alpha$ ） mm）よりも小さくなる。このような段差Dを設けた理由は、基板Wの上面付近における処理液2の酸化性または還元性などの特性を、より基板Wに近い方の電極部から発生するガスに依存させようとするものである。この実施の形態では、アノード21はカソード22よりも基板Wに近い位置に配置されるため、基板Wの上面付近の処理液2に強い酸化力を付与することができる。なお、基板Wの上面の全体に亘って処理液2の特性を均一にするためには、アノード21及びカソード22をできるだけ細かく配置することが好ましい。

また、供給口25は、基板Wに近接して配置され、吸入口29は供給口25よりも基板Wから離れた位置に配置されているため、基板Wの表面から除去された

ポリマーやレジスト材料（被処理物）が再度基板Wの表面に付着してしまうことが防止できる。

次に、この実施の形態に係る基板処理装置により基板Wの上に付着した微小パーティクルを除去する場合やLow-k材に形成された微小なコンタクトホール内部を洗浄する場合について説明する。

一般に、パーティクルを基板Wに吸着させる一要因であるゼータ電位は、pH 9～10で減少するといわれている。この実施の形態では、微小パーティクルを除去するため、処理液に添加する添加剤として、イオン性界面活性剤が好適に使用される。また、印加すべき電流波形としては、パルス波形が選択される。さらに、カソード22を基板Wの近くに配置することで処理液に還元力を与え、電解質として $\text{NH}_3\text{OH}$ を加えることでpH調整を行う。このような組み合わせにより、イオン性界面活性剤で微小パーティクルを包み込み、電場（電界）の作用により微小パーティクルを基板Wの表面から離脱させることができる。

金属のパーティクルを基板Wから除去する場合は、添加剤としてイオン性キレート剤やめっき光沢剤などを使用し、極性を持った有機系パーティクルを除去する場合は、イオン性を持った界面活性剤や染料剤などの有機吸着物を使用する。すなわち、イオン性の有機吸着物で上述したパーティクルや有機物を吸着させ、電場（電界）の作用により基板Wの表面から離脱させることができる。

Low-k材に形成された微小なコンタクトホール内部を洗浄する場合は、溶媒として存在する水を電解させることにより水の分子構造を小さくし、コンタクトホール内部への処理液の浸入を促進させることができる。特に、アノード21とカソード22との間に流す電流の波形としてパルス波形を使用することで、処理液中の移動度が大きい $\text{OH}^-$ 、 $\text{H}^+$ イオンを増加させることができ、コンタクトホール内部へ処理液を更に浸入させやすくすることができる。また、移動性イオンが増加することで、コンタクトホール内の離脱パーティクルの動きを助長しイオン性有機吸着剤の使用と併せて、コンタクトホール内に存在する除去すべき対象物をコンタクトホール外に放出させることができる。微細孔中の有機物除去には前述の $\text{O}_3$ を有効利用する。

次に、本発明に係る基板処理装置が組み込まれた基板処理システムについて図

9を参照して詳細に説明する。図9は、本発明に係る基板処理装置を備えた基板処理システムの構成を示す平面図である。なお、以下の説明では、基板Wの表面に形成された銅（Cu）を除去する場合の構成を示しているが、他の被処理物を処理する場合も同様である。

図9に示すように、この基板処理システムは、表面に被処理物としての銅が形成された基板Wを収納したカセット（図示せず）を搬出入する一対のロード・アンロード部37と、4基の基板処理装置1と、基板Wを搬送する搬送ロボット38と、これらの機器を収容するハウジング39とを備えている。ハウジング39の中央部には搬送レール40が敷設され、この搬送レール40上を搬送ロボット38が自在に移動できるようになっている。基板処理装置1は、搬送レール40の両側に2基ずつ配置され、ロード・アンロード部37は、搬送レール40の端部近傍に配置されている。そして、搬送ロボット38によりロード・アンロード部37と基板処理装置1との間で基板Wの受け渡しが行われる。

次に、上述のように構成された基板処理システムの動作について説明する。

基板Wを収納したカセットはロード・アンロード部37にセットされ、このカセットから1枚の基板Wが搬送ロボット38により取り出される。搬送ロボット38は、基板Wを基板処理装置1に搬送し、基板処理装置1の基板ホルダ3（図1参照）に保持させる。基板Wが基板ホルダ3に保持されるまで、処理ヘッド12は、図2の点線で示す退避位置で待機している。そして、基板Wが基板ホルダ3に保持された後、処理ヘッド12（図1参照）が基板Wの上面近傍まで移動し、基板上の銅の電解処理（電解エッチング）が行われる。基板処理装置1の動作は上述した通りであるので、ここでの説明を省略する。

電解処理完了後、処理ヘッド12は上述した退避位置まで移動し、基板ホルダ3に保持されている基板Wは搬送ロボット38によりロード・アンロード部37のカセットに戻される。この基板処理システムは4基の基板処理装置1を備えているので、複数枚の基板Wを連続的に電解処理することが可能である。

以上説明したように、本発明によれば、いわゆるバイポーラ現象により基板の表面に形成された導電性物質（被処理物）に正の電位を与え、導電性物質を酸化させ電氣的に溶解させて除去することができる。また、処理液中に溶媒として存

在する水を電気分解させ、アノードから発生する $O_3$ 及び活性酸素の持つ強い酸化力を利用してポリマーやレジスト材料などの有機物を除去することができる。また、基板表面のパーティクルを除去するために還元雰囲気を形成することができ、電気分解で得られた溶媒の浸透性やイオンの移動性向上により微細孔中への処理液の浸入を促進させ、微細孔中のパーティクル除去、有機物除去を効果的に行うことができる。

図10は、本発明の他の実施の形態に係る基板処理装置の全体構成を示す断面図である。図11は、処理ヘッドの下面を示す図で、図12は、図11のI-V-I線断面図である。この実施の形態の前記図1乃至図4に示す実施の形態と異なる点は以下の通りである。

すなわち、アーム11の自由端部には、モータ52が固定されており、このモータ52は処理ヘッド12の回転軸54に連結されている。そして、モータ52を駆動することにより、回転軸54を介して処理ヘッド12が基板Wと同心状に回転するようになっている。なお、モータ52は、処理ヘッド12と基板Wとを相対移動させる相対移動機構を構成する。処理ヘッド12の下面には、図11に示すように、複数のアノード21及び複数のカソード22と、基板W上の処理液2に向けて超音波を照射する超音波振動子56とが配置されている。更に、図12に示すように、アノード21は、配線31を介してパルス電源58の陽極に電氣的に接続され、カソード22は、配線33を介してパルス電源58の陰極に電氣的に接続されている。このパルス電源58は、アノード21及びカソード22に所定の周波数を持つパルス電圧を印加する。なお、ここでいうパルス電圧とは、通常の電気化学的反応で用いられる連続的な直流電圧ではなく、周期的に変動する電圧（電位）を意味する。

ここで、パルス電圧を用いることにより、処理液中にマイクロバブルを発生させる原理について説明する。上述したように、アノード21及びカソード22の材料として導電性ダイヤモンドを用いた場合、アノード21から $O_2$ 及び $O_3$ が気泡として発生する。アノード21及びカソード22との間に直流電圧が印加される場合は、アノード21で発生する $O_2$ 及び $O_3$ の気泡が成長してしまい、直径の小さいマイクロバブルを生成することができなくなる。

これに対し、アノード21及びカソード22との間にパルス電圧を印加した場合には、アノード21において発生する気泡が大きく成長する前にこの気泡をアノード21から離脱させることができる。したがって、直径の小さいマイクロバブルを生成することが可能となる。なお、マイクロバブルの直径は $20\mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、更には $1\sim 10\mu\text{m}$ であることが好ましい。また、アノード21において発生した気泡が大きく成長する前に気泡をアノード21から離脱させるためには、パルス電圧の周波数は、ある程度低いことが好ましい。すなわち、パルス電圧は、上記直径を有するマイクロバブルを生成可能な周波数を持つことが好ましい。

次に、この実施の形態に係る基板処理装置が備える超音波振動子56について説明する。

図11に示すように、超音波振動子56は、いずれも扇形の形状を有しており、処理ヘッド12の中心部に関して対称に配置されている。これらの超音波振動子56には図示しない電源が接続されており、この電源から超音波振動子56に高周波数の交流電圧が印加される。超音波振動子56は、電源から与えられた周期的な電気信号を機械的な振動に変換し、これにより超音波振動を発生させる。なお、超音波振動子56としては、チタン酸バリウムやチタン酸ジルコン酸鉛に代表される電歪振動子や、フェライトに代表される磁歪振動子が好適に用いられる。

超音波振動子56は、アノード21及びカソード22が配置される領域に隣接して配置されている。モータ52（図10参照）を介して処理ヘッド12を回転させながら供給口25（図12参照）から処理液2が基板W上に供給されると、処理ヘッド12の回転に伴って処理液2が基板Wの全面に広がる。そして、基板W上と処理ヘッド12との間を満たす処理液2に向けて超音波振動子56から超音波が照射される。このとき、上述したように、処理液2中には、 $\text{O}_2$ や $\text{O}_3$ からなるマイクロバブルが滞留しており、超音波振動子56からの超音波は、これらのマイクロバブルに照射される。

超音波がマイクロバブルに照射されると、超音波の持つエネルギーによりマイクロバブルが攪拌され、処理液全体にマイクロバブルが拡散する。マイクロバブルの一部は、超音波の照射により破壊され、処理液2にはマイクロジェット流が

形成される。このマイクロジェット流が持つ物理的エネルギーにより、基板W上に付着したパーティクルなどが除去される。また、マイクロバブルが破壊されると、マイクロバブルを形成する $O_2$ や $O_3$ が処理液中に高濃度で溶解する。特に、高濃度の $O_3$ は強い酸化力を有しており、この酸化力を利用して基板W上のレジスト材料やポリマーなどの有機物を除去することができる。

また、破壊されずに処理液中に浮遊するマイクロバブルは、処理液に浮遊するパーティクルや基板W上に残留するパーティクルの除去に利用することができる。すなわち、マイクロバブルが持つ帯電性を利用して、パーティクルをマイクロバブルの表面に吸着させて除去することができる。さらに、超音波がマイクロバブルの表面で乱反射することにより、超音波を基板W上に形成された微細加工部(デバイス)に照射することができる。このように、この実施の形態に係る基板処理装置によれば、電解処理による洗浄効果と、マイクロバブルによる洗浄効果と、超音波による洗浄効果が相まって、パーティクル、金属、有機物などの種々の被処理物を高効率で基板W上から除去することができる。

一連の洗浄処理が終了した後は、処理ヘッド12を高速で回転させることで、処理ヘッド12に付着した処理液を遠心作用により除去することができる。なお、洗浄処理を行っている間は、処理ヘッド12を回転させつつ揺動させることが好ましい。このように処理ヘッド12と基板Wとを相対移動させることにより、基板Wの中心にも超音波を照射することができ、基板Wの全体に渡って均一な処理を施すことが可能となる。この場合は、処理ヘッド12を揺動させるモータ14、アーム11、動力伝達機構13は、処理ヘッド12を回転させるモータ52と共に相対移動機構を構成する。なお、処理ヘッド12を基板W上で往復動させるようにしてもよい。

超音波振動子56から照射される超音波の周波数は、5MHz以上、100MHz以下であることが好ましく、10MHz以上、50MHz以下であることが更に好ましい。今後のデバイスの微細化に伴い、1～5MHzの周波数帯域の超音波は、デバイスにダメージを与えるおそれがある。これに対し、10～50MHzの周波数帯域の超音波は、基板Wに形成されたデバイスにダメージを与えるおそれがない。また、100MHz以上の超音波の場合は、処理液中のマイクロ

バブルを動かすエネルギーに乏しく、洗浄効果が低下する。このような理由から、超音波の周波数は、5～100MHz、好ましくは10～50MHzに設定される。

本発明によれば、電解処理による洗浄効果と、マイクロバブルによる洗浄効果と、超音波による洗浄効果とが相まって、パーティクル、金属、有機物などの種々の被処理物を高効率で基板上から除去することができる。

図13は、本発明の更に他の実施の形態に係る基板処理装置の全体構成を示す断面図である。この実施の形態の前述の図1乃至図4に示す実施の形態と異なる点は以下の通りである。

すなわち、この実施の形態における主軸4の下端には、動力伝達機構60を介してモータ62が連結されている。このような構成により、モータ62を駆動することで、主軸4を介して基板ホルダ3に保持された基板Wが回転する。なお、モータ62は基板ホルダ3及び基板Wを回転させる回転機構を構成する。処理ヘッド12は、円形の水平断面を有しており、その直径は、基板Wとほぼ同一となっている。処理ヘッド12は、その下面に取付けられた超音波振動子64を有している。この超音波振動子64は、処理ヘッド12と同様に、円形の水平断面を有しており、基板ホルダ3に保持された基板Wに向き合うように配置されている。

処理ヘッド12の中央部には、処理液2を基板Wに導入するための処理液導入口66が形成されている。この処理液導入口66は、超音波振動子64の中央部で開口している。処理液導入口66は、支持軸68及びアーム11に設けられた通孔70に連通し、この通孔70は、配管72を通して、処理液2を貯留する処理液供給源74に連通している。このような構成により、処理液供給源74に貯留されている処理液2は、配管72及び通孔70を通して処理液導入口66から基板W上に供給される。

処理液供給源74の内部には、処理液2中にマイクロバブルを生成するマイクロバブル生成器76が収容されている。このマイクロバブル生成器76は、直径が20 $\mu$ m以下、好ましくは1～10 $\mu$ mであって、かつ、大気圧以上の内圧を有するマイクロバブルを生成するように構成されている。マイクロバブル生成器76の具体的構成としては、次のものが挙げられる。

### (1) 二流体ノズル

二流体ノズルは、混合室内で開口する液体導入孔と、この液体導入孔に隣接する気体導入孔とを有している。液体導入孔からは加圧された液体（処理液）が混合室内に勢いよく噴射され、噴射された液体の持つ流体エネルギーから生じる負圧により気体導入孔から気体が吸入される。そして、液体の流れに気体が混合されてマイクロバブルを含んだ気液混合流が形成される。

### (2) 多孔体を用いた気体分散器

エアストーンなどの多孔体は、互いに連通する多数の細孔を有しており、それらの細孔の一部は多孔体の表面で開口している。多孔体を液体に浸漬させた状態で多孔体の内部に気体を導入すると、気体は細孔を通して多孔体の表面から微細な気泡となって液体中に放出される。したがって、細孔の径を小さくすれば、所望の直径を有するマクロバブルを生成することができる。なお、多孔体として膜状の気体分散材を用いてもよい。

### (3) 気液攪拌器

気液攪拌器は、液体中に配置されたスクリーなどの攪拌部材を備え、液体中に気体を供給しながら攪拌部材を高速で回転させ、液体中に気泡として存在する気体を攪拌する。これにより、液体中の気泡を微細化させてマイクロバブルを生成する。

マイクロバブル生成器 7 6 には気体供給源 7 8 が接続されており、この気体供給源 7 8 から供給される気体を用いてマイクロバブル生成器 7 6 でマイクロバブルが生成される。この実施の形態では、マイクロバブルを形成する気体としては、オゾン ( $O_3$ )、二フッ化酸素 ( $F_2O$ )、二酸化炭素 ( $CO_2$ )、オゾンと二酸化炭素との混合気などが好適に用いられる。これらの気体は、処理すべき物質の種類によって適宜選択される。

例えば、ポリマーやレジスト材料などの有機物を除去する場合には、オゾンが使用される。オゾンは強い酸化力を有しており、有機物を  $CO_2$  などに分解して除去することができる。また、基板 W 上に残留する不要な Cu や Al などの金属を除去する場合には、二フッ化酸素が使用される。二酸化フッ素は強い酸化力を有しており、Cu や Al などの金属を溶解して除去することができる。なお、金



属の除去にオゾンを使用することもできる。

基板Wの表面に形成されたデバイス部（微細加工部）に付着したポリマーを除去する場合には、オゾンと二酸化炭素との混合気を用いられる。また、二酸化炭素を混入させた処理液は研磨後のリンス液として使用することができる。二酸化炭素を混入させた処理液は、純水を用いたリンス液に比べて静電気の発生を防止することができる。したがって、基板W上に形成されたデバイス部が帯電してしまうことを防止することができる。

次に、上述のように構成された基板処理装置の動作について説明する。

まず、モータ14を駆動して処理ヘッド12を移動させ、基板ホルダ3に保持された基板Wの上方に処理ヘッド12を位置させる。次に、エアシリンダ16により処理ヘッド12を下方に移動させて超音波振動子64を基板Wの表面に近接させる。このとき、マイクロバブル生成器76を駆動させ、処理液供給源74内の処理液2にマイクロバブルを発生させる。

次に、モータ62を駆動して基板Wを回転させると共に、マイクロバブルを含んだ処理液2を処理液供給源74から処理液導入口66を介して基板W上に供給する。処理液2は、基板Wの回転に伴って基板Wの径方向外側に向かって広がり、やがて処理液2は、基板Wの周縁部から流出する。基板W上から流出した処理液2は、容器5によって回収される。この状態で、超音波振動子64から基板Wと超音波振動子64との間に存在する処理液2に向けて超音波を照射する。

超音波がマイクロバブルに照射されると、マイクロバブルが攪拌されて処理液2の全体にマイクロバブルが拡散する。マイクロバブルの一部は超音波の照射により破壊され、処理液2にはマイクロジェット流が形成される。このマイクロジェット流が持つ物理的エネルギーを利用して基板W上に付着する被処理物が除去される。また、マイクロバブルが破壊されるとき、マイクロバブルを形成するオゾンなどの気体が処理液2中に高濃度で溶解する。この気体が持つ化学的性質を利用して基板W上の被処理物が除去される。

破壊されずに処理液2中に浮遊するマイクロバブルは、処理液2に浮遊するパーティクルや基板W上に残留するパーティクルの除去に利用することができる。すなわち、マイクロバブルが持つ帯電性を利用して、パーティクルをマイクロバ

ブルの表面に吸着させて除去することができる。さらに、超音波がマイクロバブルの表面で乱反射することにより、超音波を基板W上に形成された微細加工部に照射することができる。このように、この実施の形態に係る基板処理装置によれば、マイクロバブルによる洗浄効果と、超音波による洗浄効果とが相まって、パーティクル、金属、有機物などの種々の被処理物を高効率で基板W上から除去することができる。

超音波振動子20から照射される超音波の周波数は、5～100MHz、好ましくは10～50MHzに設定されることは前述と同様である。

なお、この実施の形態では、マイクロバブルを含む処理液2が基板Wに供給されるが、マイクロバブルを含まない処理液2を基板Wに供給した後に、電気分解によってオゾンからなるマイクロバブルを処理液中に生成することもできる。この場合は、アノードには導電性ダイヤモンドや二酸化鉛（ $PbO_2$ ）が好適に使用される。また、気泡の直径を微細化するために、界面活性剤を処理液に混入するか、またはアノード及びカソードの間にパルス電圧を印加する。

なお、基板処理装置に基板Wの乾燥手段を設けて、洗浄処理に続けて乾燥処理を行ってもよい。例えば、洗浄処理後に主軸4（図13参照）を高速で回転させて基板ホルダ3上の基板Wを遠心乾燥させることができる。また、洗浄処理と乾燥処理の間に、洗浄処理の際に基板Wに付着した処理液を除去するリンス処理を行ってもよい。例えば、処理液導入口66（図13参照）から超純水等のリンス液を基板W上に供給することで、基板Wに付着する処理液をリンス液に置き換えることができる。このリンス処理においても、マイクロバブルをリンス液中に発生させ、さらにリンス液に超音波を照射することが好ましい。また、この実施の形態では基板Wの表面（上面）のみの洗浄処理を行っているが、基板Wの裏面（下面）側にも処理液導入口や超音波振動子などを設けて、基板Wの表面のみならず裏面も洗浄するようにしてもよい。この場合でも、洗浄処理後にリンス処理を行ってもよく、更には、洗浄処理とリンス処理との間に乾燥処理を行ってもよい。

本発明によれば、マイクロバブルによる洗浄効果と、超音波による洗浄効果とが相まって、パーティクル、金属、有機物などの種々の被処理物を高効率で基板上から除去することができる。

図1 4は、本発明の更に他の実施の形態のエッチング装置に適用した基板処理装置を示す。この基板処理装置（エッチング装置）は、基板Wをその被処理面を下向きにして着脱自在に保持し回転させる基板ホルダ210を有している。この基板ホルダ210は、円板状の基板ステージ212と、この基板ステージ212の外周縁部に立設した複数の支持ピン214を有しており、この支持ピン214の上端には、基板Wの周縁部を把持して基板Wを着脱自在に保持するチャック爪等の把持部（図示せず）が設けられている。

基板ステージ212は、中空の主軸216の上端に連結され、この主軸216は、この下端に取付けた従動プーリ218と、モータ220に取付けた駆動プーリ222と、両プーリ218、222間に掛け渡したタイミングベルト224とを有する第1駆動機構226を介して回転するよう構成されている。これによって、基板ホルダ210は、第1駆動機構226のモータ220の駆動に伴って、基板Wを保持した状態で該基板Wと一体に回転する。

基板ホルダ210で保持した基板Wのやや下方に位置して、基板Wよりやや小さな外径を有する円板状の回転板230が平行に配置され、これによって、基板ホルダ210で保持した基板Wの下面（被処理面）と回転板230の上面との間に、間隔Aの第1処理空間232が区画形成される。この回転板230は、主軸216の内部を延びる回転軸234の上端に連結され、この回転軸234は、この下端に取付けた従動プーリ236と、モータ238に取付けた駆動プーリ240と、両プーリ236、240間に掛け渡したタイミングベルト242とを有する第2駆動機構244を介して回転するよう構成されている。

基板Wと回転板230との間の間隔Aは、第1処理空間232に供給される処理流体で該第1処理空間232が満たされるように、処理流体の供給量に応じて任意に設定される。

回転軸234の中心部には、軸方向に上下に貫通して延び、エッチング液供給源235から供給されるエッチング液（第1処理流体）Qを前記第1処理空間232に導く第1流体供給部としての貫通孔234aが設けられている。

基板ホルダ210の上方に位置して、上下動自在で、下降して基板ホルダ210で保持した基板Wの上方から側方を一体に包囲し、更に下方に延出するととも

に、基板ホルダ 210 で保持した基板 W との間に、間隔 B の第 2 処理空間 246 を区画形成する対向板 248 が配置されている。

この対向板 248 の中央には、上下に貫通し、空気供給源 249 から供給される空気（第 2 処理流体）を前記第 2 処理空間 246 に導く第 2 流体供給部としての通孔 248a が設けられている。

次に、このエッチング装置によるエッチング処理について説明する。

先ず、対向板 248 を上昇させた状態で、基板ホルダ 210 の支持ピン 214 で基板 W を保持し、しかる後、対向板 248 を所定の位置まで下降させる。この状態で、第 1 駆動機構 226 を駆動して基板 W を基板ホルダ 210 と一体に回転させ、同時に、第 2 駆動機構 244 を駆動して回転板 230 を回転させる。この時、基板 W と回転板 230 の回転方向を逆にして、基板 W と回転板 230 との相対移動速度を速めることが好ましく、これにより、基板 W の被処理面の拡散形成層をより均一にすることができる。ここで、基板 W の回転速度を遅く、回転板 230 の回転速度を速くする方が、基板 W の損傷を防止する上で好ましい。なお、基板 W と回転板 230 とを同じ方向に回転させる場合には、両者の回転速度が異なるようにして、両者の間に相対移動速度が得られるようにする。

このように基板 W と回転板 230 とを、好ましくは逆方向に回転させつつ、回転軸 234 の中心に設けた貫通孔 234a を通して、例えば SiN をエッチングする場合には、DHF 等のエッチング液 Q を基板ホルダ 210 で保持し回転させた基板 W の被処理面（下面）に向けて噴射して、基板 W と回転板 230 との間に区画形成された第 1 処理空間 232 内に導入する。

このように、基板ホルダ 210 で保持して回転させた基板 W に向けてエッチング液 Q を噴射することで、原則的にスピン式を採用したエッチングを行うことができる。しかも、図 15A に示すように、基板ホルダ 210 で保持した基板 W と回転板 230 との間に区画形成される第 1 処理空間 232 内をエッチング液で満たし、この第 1 処理空間 232 内を通過したエッチング液 Q が基板 W の最外周から遠心力により外側に飛散するようにすることで、第 1 処理空間 232 内のエッチング液 Q の液面が空気と触れて波状となることを極力阻止して、基板 W の回転速度を上昇させても、基板 W の外周部にエッチングムラが生じることを防止する

ことができる。更に、基板Wと回転板230とを、両者の間に相対移動速度を有するように回転させることで、本来の浸漬式で得られる基板Wの回転効果をスピン式でも発揮させて、基板Wのエッチング処理の均一性をより高めることができる。

同時に、対向板248に設けた通孔248'aを通して、基板ホルダ210で保持した基板Wの反被処理面（上面）と対向板248との間に区画形成された第2処理空間246内に空気（ドライエア）を導入し、この空気を基板Wの反被処理面（上面）から外周端面に沿って流す。これにより、エッチング液Qが基板Wの外周端面に沿って上方に回り込んで基板Wの反被処理面（上面）に達することを防止することができる。

なお、基板Wと回転板230で区画形成される第1処理空間232を、エッチング液Q等の処理流体で完全に満たすようにする必要はなく、図15Bに示すように、基板W外周部に対応する部分に空気浸入部Sが例えできたとしても、空気浸入部Sの圧力が大気より低ければ、エッチング液Qの液面が波立つのを防止して、エッチングムラが生じることを防止することができる。

エッチング終了後、第1処理空間232内へのエッチング液Qの供給及び第2処理空間246内への空気の供給を停止し、しかる後、基板Wの回転及び回転板230の回転を停止し、対向板248を上昇させた後、エッチング後の基板Wを基板ホルダ210の支持ピン214からロボットハンド等で受け取って、次工程に搬送する。

なお、上記の例では、基板Wと対向板248との間に区画形成された第2処理空間246内に空気（ドライエア）を導入するようにした例を示しているが、この第2処理空間246内にエッチング液を導入して、基板ホルダ210で保持し回転させた基板Wの上面にもエッチング液を噴射することで、基板ホルダ210で保持した基板Wの表裏両面に同時にエッチング処理を行うようにしてもよい。

図16は、本発明の更に他の実施の形態のエッチング装置に適用した基板処理装置を示す。この例の図15に示す例と異なる点は、以下の通りである。すなわち、基板ホルダ210で保持した基板Wとほぼ同じ大きさの円板状の対向板248と基板Wとの間に第2処理空間246が区画形成されるように構成するととも

に、この対向板 248 を、上端に取付けた従動プーリ 250 と、モータ 252 に取付けた駆動プーリ 254 と、両プーリ 250, 254 間に掛け渡したタイミングベルト 256 とを有する第 3 駆動機構 258 を介して回転するよう構成した第 2 回転軸 260 の下端に連結している。更に、第 2 回転軸 260 の中心部には、軸方向に上下に貫通して延び、第 2 エッチング液供給源 262 から供給されるエッチング液（第 2 処理流体）を前記第 2 処理空間 246 に導く第 2 流体供給部としての貫通孔 260a が設けられている。その他の構成は、図 14 に示す例と同様である。

この例は、前述と同様に、基板 W と回転板 230 とを、好ましくは逆方向に回転させつつ、回転軸 234 の中心に設けた貫通孔 234a を通して、基板ホルダ 210 で保持し回転させた基板 W の一方の被処理面（下面）に向けてエッチング液（第 1 処理流体）を噴射して該被処理面（下面）のエッチング処理を行い、同時に、基板 W と対向板 248 とを、好ましくは逆方向に回転させつつ、第 2 回転軸 260 の中心に設けた貫通孔 260a を通して、基板ホルダ 210 で保持し回転させた基板 W の他方の被処理面（下面）に向けてエッチング液（第 2 処理流体）を噴射して該被処理面（上面）のエッチング処理を行う。これにより、基板 W の表裏両面に同時かつ面内均一性をより高めたエッチング処理を施すことができる。

この場合、基板 W と回転板 230 と対向板 248 のそれぞれの回転方向、回転速度は、エッチング工程、リンス工程、乾燥工程のそれぞれのプロセス条件により最適値が決められる。

この例は、基板 W の表裏両面の同時エッチングが必要で、しかも両面とも高度なエッチングの面内均一性が要求される場合に特に有効である。特に回転板 230 と対向板 248 の回転速度を個別に制御することで、基板ホルダ 210 で保持されて回転する基板 W との間の相対回転速度を最適にすることができる。

図 17 は、本発明の更に他の実施の形態のエッチング装置に適用した基板処理装置を示す。この例の図 14 に示す例と異なる点は、以下の通りである。すなわち、基板ホルダ 210 で被処理面を上向きにして基板 W を保持し回転させるとともに、この基板ホルダ 210 で保持した基板 W の上方に、第 2 駆動機構 244 を介して回転自在な回転板 230 を配置して、基板 W の上面側の回転板 230 との

間に第1処理空間232を区画形成し、更に、基板ホルダ210で保持した基板Wの下方に円板状の対向板248を配置して、基板Wの下側の対向板248との間に第2処理空間246を区画形成するようにしている。対向板248は、固定軸264の上端に連結され、この固定軸264の内部には、上下方向に貫通して延び、空気供給源249から供給される空気（第2処理流体）を前記第2処理空間246に導く第2流体供給部としての貫通孔264aが設けられている。その他の構成は、図14に示すものと同様である。またエッチング処理も同様であるので、ここではその説明を省略する。

この例によれば、基板Wの被処理面を上向きにした状態で該被処理面（上面）にエッチング処理を施すことで、例えば被処理面を上向きにした状態で搬送されてきた基板を、180°回転させることなく、そのままの状態ですべて基板ホルダ210に受け渡してエッチング処理を行うことができる。

図18は、前述のエッチング装置（基板処理装置）を備えた基板処理システムの概略平面図を示す。図18に示すように、基板処理システムは、複数の基板Wが収納される2基の基板カセット151a、151bと、基板Wをエッチング処理するエッチング装置（基板処理装置）152と、エッチング処理の終了した基板Wを洗浄する基板洗浄装置153と、洗浄が終了した基板Wを乾燥させる基板乾燥装置154とを備えている。また、基板処理システムは、上述した各装置間で基板Wを搬送するための第1搬送ロボット155a及び第2搬送ロボット155bと、これらの搬送ロボット155a、155b間で基板Wを受け渡すために一時的に基板Wを仮置きする搬送バッファステージ156とを備えている。

各基板カセット151a、151bには、基板Wを収納する収納棚（図示せず）が複数段設けられており、各収納棚には、処理対象となる基板Wが1枚ずつ収納される。基板カセット151a、151bに収納された基板Wは、第1搬送ロボット155aにより取り出され、搬送バッファステージ156を介して第2搬送ロボット155bに受け渡される。第2搬送ロボット155bに受け渡された基板Wは、まず、エッチング装置152の基板ホルダ210（図14等参照）で保持され、このエッチング装置152においてエッチング処理が行われる。

ここで、エッチング処理に使用するエッチング液としては、例えば、基板Wに

付着乃至成膜された銅をエッチング処理対象とする場合は、酸溶液と酸化剤溶液とを組み合わせたものが挙げられる。この場合、酸溶液としては非酸化性酸であればよく、例えば、フッ酸、塩酸、硫酸、クエン酸、蔞酸、硝酸またはこれらの混合液などが用いられ、酸化剤溶液としては、オゾン水、過酸化水素水、硝酸水、次亜塩素酸ナトリウム水などが用いられる。SiO<sub>2</sub>膜ならばフッ酸、SiN膜ならばフッ酸と塩酸の混合液、ポリシリコン膜ならばフッ酸と硝酸の混合液、無電解めっきの前処理としては硫酸、クエン酸、蔞酸、TMAH、NH<sub>4</sub>OHなどが用いられる。

エッチング装置152においてエッチング処理がなされた後、基板Wは第2搬送ロボット155bにより基板洗浄装置153に搬入される。基板洗浄装置153は、基板Wを洗浄するためのロールスポンジ（図示せず）を備えており、基板を保持して回転させながら基板にロールスポンジを接触させることにより基板を洗浄するように構成されている。そして、この基板洗浄装置153により、エッチング処理により生成された生成物などが洗浄される。洗浄後の基板Wは、第2搬送ロボット155bにより基板洗浄装置153から基板乾燥装置154に搬送される。基板乾燥装置154は、基板Wを高速回転させて乾燥させるスピンドライ処理部（図示せず）を備えており、このスピンドライ処理部により基板Wに付着した洗浄液などが乾燥処理される。乾燥処理が終了した基板Wは、第1搬送ロボット155aにより搬送されて、基板カセット151a、151bに戻され、これで、一連の処理工程が終了する。

以上説明したように、本発明によれば、基板ホルダで保持して回転させた基板に向けて、第1流体供給部からエッチング液等の第1処理流体を供給することで、原則的にスピン式を採用し、しかも、基板ホルダで保持した基板と回転板との間に第1流体供給部から供給された処理流体を保持し該処理流体が空気と触れることを極力阻止して、基板の回転速度を上昇させても、基板外周部に処理ムラが生じることを防止し、更に、本来の浸漬式で得られる基板の回転効果をスピン式でも発揮させて、基板のエッチング等の処理の均一性をより高めることができる。



## 特許請求の範囲

1. 基板を保持する基板ホルダと、

前記基板ホルダで保持した基板と向き合うように配置され、少なくとも一方向に沿って交互に配置される複数のアノード及びカソードと、

前記基板ホルダで保持した基板と前記アノード及び前記カソードとの間に処理液を供給する処理液供給部と、

前記アノードと前記カソードとの間に電圧を印加する電源とを備えたことを特徴とする基板処理装置。

2. 前記アノード及び前記カソードを前記基板ホルダで保持した基板に近接させる駆動機構と、

前記基板ホルダで保持した基板を回転させる回転駆動機構とを更に有することを特徴とする請求項 1 記載の基板処理装置。

3. 前記処理液は、電解質を含むことを特徴とする請求項 1 記載の基板処理装置。

4. 前記アノードと前記カソードとの間に流す電流の波形を、交流波形、直流波形、直流逆電圧波形、パルス波形、PRパルス波形、ダブルパルス波形のうちの少なくとも 1 つに整流する整流器を更に有することを特徴とする請求項 1 記載の基板処理装置。

5. 前記複数のアノードを同一平面上において縦方向及び横方向に沿って等間隔に配置し、前記複数のカソードを、斜め方向において互いに隣り合う 2 つのアノードの略中央部に配置したことを特徴とする請求項 1 記載の基板処理装置。

6. 前記複数のカソードを同一平面上において縦方向及び横方向に沿って等間隔に配置し、前記複数のアノードを、斜め方向において互いに隣り合う 2 つのカ

ソードの略中央部に配置したことを特徴とする請求項 1 記載の基板処理装置。

7. 前記アノードと前記カソードのうちの少なくとも一方は、導電性ダイヤモンドまたは二酸化鉛からなることを特徴とする請求項 1 記載の基板処理装置。

8. 前記基板ホルダで保持した基板と前記アノードとの距離は、前記基板ホルダで保持した基板と前記カソードとの距離と異なることを特徴とする請求項 1 記載の基板処理装置。

9. 前記処理液供給部の供給口を前記アノードまたは前記カソードの一方に設け、前記供給口から供給された処理液を吸入する吸入口を前記アノードまたは前記カソードの他方に設けたことを特徴とする請求項 1 記載の基板処理装置。

10. 複数のアノード及びカソードを基板に近接させ、  
基板と前記アノード及び前記カソードとの間に処理液を供給し、  
前記アノードと前記カソードとの間に電圧を印加することを特徴とする基板処理方法。

11. 前記アノードと前記カソードとの間に電圧を印加する間、前記基板を回転させることを特徴とする請求項 10 に記載の基板処理方法。

12. 前記処理液は、電解質を含むことを特徴とする請求項 10 記載の基板処理方法。

13. 前記アノードと前記カソードとの間に、交流波形、直流波形、直流逆電圧波形、パルス波形、PRパルス波形、ダブルパルス波形のうちのいずれか 1 つの波形を有する電流を供給することを特徴とする請求項 10 記載の基板処理方法。

14. 前記基板ホルダで保持した基板と前記アノードとの距離は、前記基板ホ

ルダで保持した基板と前記カソードとの距離と異なることを特徴とする請求項 10 記載の基板処理方法。

15. 処理液を前記アノードまたは前記カソードの一方に設けられた供給口から基板に供給しつつ、基板に供給された処理液を前記アノードまたは前記カソードの他方に設けられた吸入口から吸入することを特徴とする請求項 10 記載の基板処理方法。

16. 基板を保持する基板ホルダと、  
前記基板ホルダで保持した基板と向き合うように配置された処理ヘッドと、  
前記基板ホルダで保持した基板と前記処理ヘッドとの間に処理液を供給する処理液供給部とを備え、

前記処理ヘッドの基板に向き合う面には、複数のアノード及びカソードと、処理液に向けて超音波を照射する超音波振動子とが配置されていることを特徴とする基板処理装置。

17. 前記処理ヘッドを前記基板に対して相対移動させる相対移動機構を更に有することを特徴とする請求項 16 に記載の基板処理装置。

18. 前記相対移動機構は、前記処理ヘッドを回転させることを特徴とする請求項 17 記載の基板処理装置。

19. 前記アノードと前記カソードとの間にパルス電圧を印加するパルス電源を更に有することを特徴とする請求項 16 記載の基板処理装置。

20. 基板上に処理液を供給する処理液供給部と、  
マイクロバブルを処理液中に生成するマイクロバブル生成器と、  
マイクロバブルを含んだ処理液に超音波を照射する超音波振動子とを備えたことを特徴とする基板処理装置。

21. 前記マイクロバブルは、 $20\mu\text{m}$ 以下の直径で、かつ、大気圧以上の内圧を有することを特徴とする請求項20記載の基板処理装置。

22. 前記マイクロバブル生成器は、二流体ノズル、気体分散器、気液攪拌器、電解気体発生器のいずれかであることを特徴とする請求項20記載の基板処理装置。

23. 基板を保持する基板ホルダと、  
前記基板ホルダを回転させる回転機構とを更に有し、  
前記超音波振動子は、前記基板ホルダで保持した基板に向き合うように配置されていることを特徴とする請求項20記載の基板処理装置。

24. 前記超音波振動子は処理液導入口を有し、処理液は前記処理液導入口を介して前記基板ホルダで保持した基板と前記超音波振動子との間に供給されることを特徴とする請求項23記載の基板処理装置。

25. 前記超音波振動子から照射される超音波の周波数は、 $5\sim 100\text{MHz}$ であることを特徴とする請求項20記載の基板処理装置。

26. 基板を保持し回転させる基板ホルダと、  
前記基板ホルダで保持した基板の表面または裏面の一方に、所定間隔離間して対向して配置される回転自在な回転板と、  
前記基板ホルダで保持した基板と前記回転板との間に第1処理流体を供給する第1流体供給部を有することを特徴とする基板処理装置。

27. 前記基板ホルダと前記回転板は、互いに逆方向に回転するように構成されていることを特徴とする請求項26記載の基板処理装置。

２８．前記第１処理流体は、エッチング液であることを特徴とする請求項２６記載の基板処理装置。

２９．前記基板ホルダで保持した基板の表面または裏面の他方に、所定間隔離間して対向して配置される対向板と、前記基板ホルダで保持した基板と前記対向板との間に第２処理流体を供給する第２流体供給部を更に有することを特徴とする請求項２６記載の基板処理装置。

３０．前記対向板は、回転自在に構成されていることを特徴とする請求項２９記載の基板処理装置。

３１．前記対向板は、前記基板ホルダと逆方向に回転するように構成されていることを特徴とする請求項３０記載の基板処理装置。

３２．前記第２処理流体は、エッチング液であることを特徴とする請求項２９記載の基板処理装置。

３３．前記対向板は、回転自在に構成されていることを特徴とする請求項２９記載の基板処理装置。

## 開示の要約

本発明は、半導体ウエハなどの基板の表面に付着する金属、レジスト材料やエッチング残渣等の有機物、パーティクルなどを除去するのに使用される基板処理装置及び基板処理方法に関する。本発明の基板処理装置は、基板を保持する基板ホルダと、基板ホルダで保持した基板と向き合うように配置され、少なくとも一方向に沿って交互に配置される複数のアノード及びカソードと、基板ホルダで保持した基板とアノード及びカソードとの間に処理液を供給する処理液供給部と、アノードとカソードとの間に電圧を印加する電源を有する。